

Edward Nowak

Statystyczne metody szacowania ryzyka w audycie wewnętrznym

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 16, 97-106

2009

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach
dozwolonego użytku.

Edward Nowak

STATYSTYCZNE METODY SZACOWANIA RYZYKA W AUDYCIE WEWNĘTRZNYM

Wprowadzenie

Ważnym zadaniem audytu wewnętrznego jest ocena procesu zarządzania ryzykiem w danej jednostce, która jest związana z szacowaniem poziomu ryzyka. Znajomość skali ryzyka towarzyszącego działalności jednostki jest bowiem niezbędna do rozpoznania zagrożeń dla realizacji celów działalności, sprawności przebiegu procesów operacyjnych oraz ochrony zasobów majątkowych.

Szacowanie ryzyka działalności może być dokonane przy wykorzystaniu różnych podejść, z których najbardziej obiektywnym jest niewątpliwie oszacowanie poziomu ryzyka przy zastosowaniu metod statystycznych. Ważną zaletą metod statystycznych jest to, że raz opracowany model może być wykorzystywany w dłuższym czasie, co dodatkowo stwarza możliwość porównywania wyników analizy ryzyka w różnych okresach.

W literaturze dotyczącej zarządzania ryzykiem proponuje się różne metody statystyczne szacowania poziomu ryzyka, odznaczające się odmiennym stopniem złożoności i sformalizowania. W artykule niniejszym zostaną zaprezentowane wybrane metody szacowania poziomu ryzyka, które odznaczają się dużymi walorami interpretacyjnymi i są stosunkowo proste w zastosowaniach praktycznych.

1. Rola prawdopodobieństwa w szacowaniu ryzyka

Miary ryzyka oparte są na wielkościach ukazujących rezultaty działalności przedsiębiorstwa. Najczęściej wielkościami tymi są takie parametry działalności, jak: stopa zwrotu, wynik finansowy, przepływy pieniężne netto, wartość przedsiębiorstwa, pozycje aktywów.

Ocena ryzyka działalności przedsiębiorstwa jest związana z szacowaniem prawdopodobieństwa wystąpienia różnych poziomów rezultatów działalności. Prawdopodobieństwa te mogą być oszacowane na trzy odmienne sposoby¹:

- **prawdopodobieństwa *a priori***, wyznaczane na podstawie matematycznych prawidłości odzwierciedlających proporcje między poszczególnymi przewidywanymi poziomami wyników,
- **prawdopodobieństwa *a posteriori***, ustalane na podstawie doświadczeń z działalności prowadzonej w przeszłości, której realizacja odbywała się w podobnych warunkach,
- **prawdopodobieństwa subiektywne**, które są szacowane przez analityka lub decydenta na podstawie jego własnych ocen, doświadczenia oraz intuicji.

Szacując prawdopodobieństwa wystąpienia różnych wyników działalności należy mieć na uwadze następujące ich własności:

- 1) prawdopodobieństwa wyników, które nie mogą się zdarzyć lub są nieosiągalne powinny być równe zero,
- 2) prawdopodobieństwa wszystkich możliwych wyników powinny sumować się do jedności,
- 3) prawdopodobieństwo określonego zbioru wyników powinno być równe sumie prawdopodobieństwa każdego wyniku należącego do tego zbioru.

Oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia różnych wyników jest niezbędne dla wyznaczenia wartości różnych miar ryzyka, do których należą: miary zmienności, miary bezpieczeństwa i zagrożenia, miary wrażliwości. W kolejnych punktach artykułu są przedstawione najważniejsze miary z każdej z wymienionych grup.

¹ E. Nowak, E. Pielichaty, M. Poszwa, *Rachunek opłacalności inwestowania*, PWE, Warszawa 1998, s. 27.

2. Miary zmienności jako miary ryzyka

Miary zmienności ukazują przeciętne zróżnicowanie między możliwymi poziomami zmiennej opisującej rezultaty działalności a jej wartością oczekiwaną. Najczęściej do oceny ryzyka wykorzystuje się następujące miary zmienności: odchylenie standardowe, odchylenie przeciętne, współczynnik zmienności. Miary te są wyznaczane dla wybranego parametru opisującego rezultaty działalności przedsiębiorstwa.

Klasycznymi miarami ryzyka są miary oparte na zmienności wielkości opisujących rezultaty działalności przedsiębiorstwa. Wykorzystanie miar zmienności jako miar ryzyka jest oparte na fakcie, że im wyższa jest zmienność wyników, tym większe jest ryzyko działalności. Miary zmienności ukazują różnice między możliwymi poziomami wyników a wynikiem oczekiwanym.

Punktem wyjścia do wyznaczenia miar zmienności wyników jest wartość oczekiwana wyników wyznaczana, jako:

$$E(R) = \sum_{j=1}^m P_j R_j,$$

gdzie:

$E(R)$ – wartość oczekiwana wyniku,

P_j – prawdopodobieństwo wystąpienia wyniku R_j ,

R_j – możliwy wynik w sytuacji j .

Wartość oczekiwana ukazuje przeciętny wynik, jaki osiągnie w przyszłości przedsiębiorstwo.

Najważniejszą miarą zmienności, wykorzystywaną jako miara ryzyka jest odchylenie standardowe wyniku oznaczane jako $S(R)$, wyznaczane ze wzoru:

$$S(R) = \sqrt{\sum_{j=1}^m P_j [R_j - E(R)]^2}$$

Odchylenie standardowe informuje o przeciętnych ważnych odchyleniach możliwych wyników od wyniku oczekiwanego. Im większe wartości przyjmuje to odchylenie, tym większe jest ryzyko związane z daną działalnością.

Odchylenie standardowe wyniku jest wrażliwe na wysokie odchylenia od oczekiwanego wyniku. W takich przypadkach można zastosować odchylenie przeciętne wyniku o postaci:

$$S(R) = \sum_{j=1}^m P_j |R_j - E(R)|.$$

To odchylenie ukazuje przeciętne ważone odchylenie bezwzględne możliwych wyników od wyniku oczekiwanego.

Odchylenia standardowe oraz przeciętne są mianowanymi miarami zmienności wyniku, zatem na ich poziom wpływa skala działalności. Dają one bezwzględną ocenę zróżnicowania możliwych wyników w stosunku do wyniku oczekiwanego. Nie ukazują natomiast relacji między zmiennością wyniku a jego wartością oczekiwaną.

Relatywną miarą zmienności wyniku jest współczynnik zmienności, oznaczany jako $V(R)$, który jest zdefiniowany następująco:

$$V(R) = \frac{S(R)}{|E(R)|}.$$

Współczynnik zmienności ukazuje wielkość odchylenia wyniku przypadającego na jednostkę oczekiwanego wyniku. Im większe wartości przyjmuje ten współczynnik, tym bardziej ryzykowna jest dana działalność.

Przedstawione miary zmienności służą do pomiaru ryzyka, traktowanego jako odchylenia zarówno korzystne jak i niekorzystne od wartości oczekiwanej. Podobne miary zmienności można skonstruować dla negatywnej koncepcji ryzyka, w której bierze się pod uwagę jedynie niekorzystne odchylenia od wartości oczekiwanej. Takimi miarami zmienności są semi odchylenia standardowe, semi odchylenia przeciętne oraz semi współczynnik zmienności.

Semi odchylenia standardowe mogą być zdefiniowane w następujący sposób:

$$S(R)_{\text{semi}} = \sqrt{\sum_{j=1}^m P_j [R_j^- - E(R)]^2},$$

gdzie:

$$R_j^- = \begin{cases} 0, & \text{jeśli } R_j \geq 0 \\ R_j & \text{jeśli } R_j < 0. \end{cases}$$

Semi współczynnik zmienności $S(R)_{\text{semi}}$ informuje, jakie są przeciętne, niekorzystne odchylenia możliwych wyników od wyniku oczekiwanego. Podobnie może być zdefiniowane semi odchylenie przeciętne.

Semi współczynnik zmienności oparty na semi odchyleniu standardowym będzie miał postać następującą:

$$V(R)_{\text{semi}} = \frac{S(R)_{\text{semi}}}{|E(R)|}.$$

Semi współczynnik zmienności ukazuje wielkość semi odchylenia standardowego przypadającą na jednostkę oczekiwanego wyniku. Większe wartości tego współczynnika wskazują na większe ryzyko działalności.

3. Miary bezpieczeństwa i zagrożenia

Drugą grupę miar ryzyka stanowią miary bezpieczeństwa i zagrożenia. Miary te pozwalają na oszacowania granicznego poziomu zmiennej ryzyka, którą może być stopa zwrotu lub wartość. Ów graniczny poziom umożliwia ustalenie skali bezpieczeństwa lub zagrożenia dla osiągnięcia określonych rezultatów. Poziom bezpieczeństwa oraz wartość zagrożona są związane z pojmowaniem ryzyka jako prawdopodobieństwa wystąpienia tylko zdarzeń korzystnych lub tylko zdarzeń niekorzystnych.

Poziom bezpieczeństwa (ang. *safety level*) jest najczęściej określane dla stopy zwrotu. Jest wyznaczany z następującej relacji²:

$$P(R < R_b) = \alpha,$$

gdzie:

P – prawdopodobieństwo,

R – stopa zwrotu,

R_b – poziom bezpieczeństwa stopy zwrotu,

α – bliska zeru wartość prawdopodobieństwa.

² K. Jajuga, *Elementy nauki o finansach*, PWE, Warszawa 2007, s. 141.

Poziom bezpieczeństwa R_b jest graniczną wartością, wyznaczającą poziom ufności (ang. *confidence level*) dla stopy zwrotu. Prawdopodobieństwo osiągnięcia stopy zwrotu mniejszej od poziomu bezpieczeństwa R_b jest małe i równe α . Im wyższy jest poziom bezpieczeństwa, tym mniejsze jest ryzyko zrealizowania oczekiwanej stopy zwrotu.

Z poziomem bezpieczeństwa jest bezpośrednio powiązana inna miara ryzyka, jaką jest **wartość zagrożona** (ang. *Value at Risk*), oznaczona w skrócie przez VaR. Wartość zagrożona jest najczęściej wyznaczana dla wartości rynkowej przedsiębiorstwa. *Value at Risk* oznacza wielkość potencjalnej straty wartości, jaka może być poniesiona. Wartość zagrożoną wyznacza się dla ustalonego przedziału czasowego z następującej relacji³:

$$P(V < V_0 - \text{VaR}) = \alpha,$$

gdzie:

V_0 – wartość na początek okresu,

V – wartość na koniec okresu,

α – poziom tolerancji.

Wartość V_0 jest wielkością znaną, natomiast V jest zmienną losową o wartościach nieznanach. Zakłada się przy tym, że prawdopodobieństwo zrealizowania straty większej od tej wartości jest niewielkie i równe zadanej wielkości α . Im wyższy jest poziom tolerancji, tym wyższa jest wartość VaR. Ponadto, im szerszy jest przedział czasowy, również tym wyższa jest wartość VaR. Oczywiście, im mniejsza jest wartość zagrożona, tym mniejsze jest ryzyko utraty wartości przedsiębiorstwa.

Punktem wyjścia dla wykazania zależności między wartością zagrożoną VaR a poziomem bezpieczeństwa R_b jest formuła stopy zwrotu:

$$R = \frac{V - V_0}{V_0}.$$

Uwzględniając fakt, że:

$$V - V_0 = \text{VaR},$$

³ *Ibidem*, s. 142.

oraz przyjmując $R = R_b$ otrzymuje się następującą zależność:

$$\text{VaR} = -R_b \cdot V_0.$$

Z relacji tej wynika, że wartość zagrożona jest liniową funkcją poziomu bezpieczeństwa.

W metodzie wartości zagrożonej, zmienną ryzyka jest wartość rynkowa przedsiębiorstwa lub określonych pozycji aktywów. W zarządzaniu ryzykiem przedsiębiorstwa, przy uwzględnieniu informacji z rachunkowości, wskazany jest pomiar ryzyka związanego z określonymi wielkościami ukazującymi rezultaty działalności, podlegającymi pomiarowi w systemie rachunkowości. Takimi miarami rezultatów działalności jednostki gospodarczej są niewątpliwie wykazywane w sprawozdaniu finansowym zysk netto oraz przepływy pieniężne netto.

Zysk netto jest najważniejszą, a jednocześnie syntetyczną miarą rezultatów działalności. Ponadto zysk netto jest elementem wskaźnika określającego stosunek ceny akcji do zysku, który stanowi podstawę wyceny akcji spółek giełdowych. Poprzez kształtowanie zmienności zysku netto i jego porównanie ze spółkami konkurencyjnymi spółka może wpłynąć na postrzeganie ryzyka związanego z inwestycją w akcje, a przez to także na ich wycenę⁴.

Przepływy pieniężne netto są natomiast uważane przez finansistów za główne źródło tworzenia wartości przedsiębiorstwa. Zysk netto oznacza bowiem osiągnięty w ciągu roku obrotowego przyrost aktywów, który może być spowodowany takimi niepożądanymi zjawiskami, jak zwiększanie stanu należności czy też zapasów. Przepływy pieniężne netto przedstawiają natomiast kwotę nadwyżki środków pieniężnych wygospodarowanej przez jednostkę gospodarczą w ciągu roku obrotowego. Osiągnięta nadwyżka pieniężna może być przeznaczona na finansowanie przyszłej działalności i zabezpieczenie bieżących płatności jednostki.

Rozwinięciem koncepcji wartości zagrożonej VaR, w której zmienną ryzyka jest wartość rynkowa przedsiębiorstwa, mogą być zatem metody oparte na księgowych miernikach rezultatów działalności, tj.:

- **zysk narażony na ryzyko** (ang. *Earnings at Risk*, w skrócie EaR), wyznaczany z następującej relacji:

$$P(E < E_0 - \text{EaR}) = \alpha,$$

⁴ Z. Szczerbatka, *Cash-flow-at-risk i Earnings-at-risk jako narzędzia zarządzania ryzykiem w dobie MSR 39*, „Rynek Terminowy” 2002, nr 3.

- **przepływy pieniężne narażone na ryzyko** (ang. *Cash Flow at Risk*, w skrócie: CFaR), zdefiniowane następująco:

$$P(CF < CF_0 - CFaR) = \alpha.$$

Wielkości zysku narażonego na ryzyko oraz przepływów pieniężnych narażonych na ryzyko są wartościami zakładanymi, planowanymi. Miara EaR ukazuje, o ile najwięcej osiągnięty w ciągu roku obrotowego zysk netto może być niższy od zysku oczekiwanego. Podobnie miara CFaR ukazuje, o ile najwięcej zrealizowane na koniec roku obrotowego przepływy pieniężne netto mogą być niższe od planowanych przepływów.

W metodzie wartości zagrożonej badaniu podlega wartość rynkowa przedsiębiorstwa w określonym momencie. W koncepcji zysku narażonego na ryzyko analizuje się natomiast wielkość zysku netto za dany rok obrotowy, a w koncepcji przepływów pieniężnych narażonych na ryzyko – przepływy pieniężne netto na koniec roku obrotowego.

Ocena zmienności zysku netto oraz przepływów pieniężnych netto jest niewątpliwie bardziej skomplikowana niż wartości rynkowej przedsiębiorstwa czy też wartości składników aktywów. Na wielkości te wpływa bowiem wiele czynników o różnym charakterze, a ponadto zależność między zyskiem netto a różnymi czynnikami ryzyka jest bardzo złożona. Metody zysku narażonego na ryzyko i przepływów pieniężnych narażonych na ryzyko mogą być stosowane do pomiaru ryzyka w długim okresie, podczas gdy koncepcja VaR służy analizie krótkookresowej.

4. Miary wrażliwości

Trzecią grupą miar ryzyka są **miary wrażliwości** ryzyka (ang. *sensitivity measures*). Miary te określają wpływ różnych wielkości, nazywanych czynnikami ryzyka, na wielkość podlegającą wpływowi ryzyka, nazywaną zmienną ryzyka. Tak więc miary wrażliwości umożliwiają rozpoznanie przyczyn ryzyka towarzyszącego działalności przedsiębiorstwa.

Funkcja zależności zmiennej ryzyka od czynników ryzyka może być ogólnie zapisana, jako⁵:

⁵ A. Markowski, Z. Tarapata, *Ocena projektów gospodarczych. Modele i metody*, Difin, Warszawa 2001, s. 66–67.

$$R = f(X_1, X_2, \dots, X_n, \varepsilon),$$

gdzie:

- R – zmienna ryzyka,
- X_1, X_2, \dots, X_n – czynniki ryzyka,
- ε – składnik losowy.

Miara wrażliwości może być określona dla każdego z n rozpatrywanych czynników ryzyka. Miara ta stanowi pochodną cząstkową funkcji R ze względu na czynnik ryzyka X_i , co może być zapisane następująco:

$$W_i = \frac{\delta R}{\delta x_i}.$$

Wielkość W_i ($i = 1, 2, \dots, n$) informuje o tym, o jaką wartość zmieni się w przybliżeniu zmienna ryzyka R pod wpływem zmiany pojedynczego czynnika ryzyka X_i o jednostkę. Przy tym zakłada się, że pozostałe czynniki ryzyka nie ulegną zmianie. Im większe wartości przyjmuje miara W_i , tym większe jest ryzyko osiągnięcia rezultatu R .

Uwagi końcowe

Zastosowanie metod statystycznych do szacowania ryzyka działalności jednostki stwarza możliwość systematycznego monitorowania poziomu ryzyka. Nie bez znaczenia jest także możliwość określenia istotności wpływu różnych czynników na poziom ryzyka działalności oraz znaczenia poszczególnych rodzajów ryzyka w działalności jednostki. Statystyczne modele ryzyka stanowią ponadto podstawy do opracowania wielu scenariuszy stopnia realizacji celów działalności przy założonych poziomach ryzyka.

Wyniki oszacowania poziomu ryzyka działalności przy zastosowaniu metod statystycznych nie mogą być jednakże wykorzystywane bezkrytycznie. Metody te wymagają bowiem przyjęcia pewnych założeń, od spełnienia których zależą aplikacyjne walory oszacowanych parametrów. Ważna jest także umiejętność merytorycznej interpretacji otrzymanych wyników. Wiedza i doświadczenie audytora wewnętrznego, a niekiedy także jego intuicja, w znacznym stopniu wpływają na poprawność wykorzystania różnych metod statystycznych.

Literatura

- Collier P.M., Berry A.J., Burke G.T., *Risk and Management Accounting*, CIMA, Oxford, 2007.
- Jajuga K., *Elementy nauki o finansach*, PWE, Warszawa 2007.
- Mańkowski A., Tarapata Z., *Ocena projektów gospodarczych. Modele i metody*, Difin, Warszawa 2001.
- Nowak E., Pielichaty E., Poszwa M., *Rachunek opłacalności inwestowania*, PWE, Warszawa 1999.
- Risk Management Standard*, Institute of Risk Management, London 2002.
- Szczerbatka Z., *Cash-flow-at-risk i Earnings-at-risk jako narzędzia zarządzania ryzykiem w dobie MSR 39*, „Rynek Terminowy” 2002, nr 3.

STATISTICAL METHODS OF THE RISK ESTIMATION IN INTERNAL AUDITING

Summary

The paper treats the risk estimation in the process of internal auditing. The article presents some statistical methods of the risk estimation: variability indicators, safety and threat indicators, sensitivity indicators. Risk estimation is an inseparable element of internal auditing process.

Translated by Edward Nowak